

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**LIGHT EMITTING ELEMENT OF GALLIUM NITRIDE COMPOUND SEMICONDUCTOR**

Patent Number: JP3252177  
Publication date: 1991-11-11  
Inventor(s): MANABE KATSUhide; others: 05  
Applicant(s): TOYODA GOSEI CO LTD; others: 03  
Requested Patent: ☐ JP3252177  
Application Number: JP19900050211 19900228  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H01L33/00; H01L21/205  
EC Classification:  
Equivalents: JP3193981B2

**Abstract**

**PURPOSE:** To increase blue light emitting intensity of a light emitting diode by forming a double layer structure of a low carrier concentration layer and a high carrier concentration layer sequentially from the side of connecting an N-type layer to an I-type layer, and forming a double layer structure of a low impurity concentration layer having relatively low concentration of P-type impurity and a high impurity concentration layer having relatively high concentration of P-type impurity sequentially from the side of connecting an I-type layer to an N-type layer.

**CONSTITUTION:** A sapphire board 1 is vapor etched, an AlN buffer layer 2 is formed, a high carrier concentration layer 3 made of GaN is formed, and then an N<+> type low carrier concentration layer 4 made of GaN is formed. Then, a low impurity concentration IL layer 5 of relatively low concentration ( $5 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ ) of Zn concentration made of GaN is formed, and then a high impurity concentration IH layer 6 of relatively high concentration ( $2 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ ) of Zn concentration made of GaN is formed.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平3-252177

⑬ Int. Cl.<sup>9</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成3年(1991)11月11日

H 01 L 33/00  
21/205

C 8934-5F  
7739-5F

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全6頁)

⑮ 発明の名称 窒化ガリウム系化合物半導体発光素子

⑯ 特 願 平2-50211

⑰ 出 願 平2(1990)2月28日

⑱ 発 明 者 真 部 勝 英 愛知県西春日井郡春日村大字落合字長畑1番地 豊田合成株式会社内

⑲ 発 明 者 馬 淵 彰 愛知県西春日井郡春日村大字落合字長畑1番地 豊田合成株式会社内

⑳ 出 願 人 豊田合成株式会社 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地

㉑ 出 願 人 株式会社豊田中央研究所 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1

㉒ 出 願 人 名古屋大学長 愛知県名古屋市中千種区不老町(番地なし)

㉓ 出 願 人 新技術事業団 東京都千代田区永田町2丁目5番2号

㉔ 代 理 人 弁理士 藤谷 修

最終頁に続く

明 細 書

1. 発明の名称

窒化ガリウム系化合物半導体発光素子

2. 特許請求の範囲

N型の窒化ガリウム系化合物半導体( $Al_xGa_{1-x}N$ ;  $x=0$ を含む)からなるN層と、P型不純物を添加したI型の窒化ガリウム系化合物半導体( $Al_xGa_{1-x}N$ ;  $x=0$ を含む)からなるI層とを有する窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、

前記N層を前記I層と接合する側から順に、低キャリア濃度N層と高キャリア濃度N<sup>+</sup>層との二重層構造とし、

前記I層を前記N層と接合する側から順に、前記P型不純物が比較的低濃度の低不純物濃度I<sub>1</sub>層と前記P型不純物が比較的高濃度の高不純物濃度I<sub>2</sub>層との二重層構造としたことを特徴とする発光素子。

3. 発明の詳細な説明

【産業上の利用分野】

本発明は青色発光の窒化ガリウム系化合物半導

体発光素子に関する。

【従来技術】

従来、青色の発光ダイオードとしてGaIn系の化合物半導体を用いたものが知られている。そのGaIn系の化合物半導体は直接遷移であることから発光効率が高いこと、光の3原色の1つである青色を発光色とすること等から注目されている。

このようなGaIn系の化合物半導体を用いた発光ダイオードは、サファイア基板上に直接又は窒化アルミニウムから成るバッファ層を介在させて、N導電型のGaIn系の化合物半導体から成るN層を成長させ、そのN層の上にP型不純物を添加してI型のGaIn系の化合物半導体から成るI層を成長させた構造をとっている(特開昭62-119196号公報、特開昭63-188977号公報)。

【発明が解決しようとする課題】

しかし、上記構造の発光ダイオードの発光強度は未だ十分ではなく、改良が望まれている。

そこで、本発明の目的は、GaIn系の化合物半導体の発光ダイオード 青色の発光強度を向上させ

ることである。

【問題を解決するための手段】

本発明は、N型の窒化ガリウム系化合物半導体 ( $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ :I=0を含む) からなるN層と、P型不純物を添加したI型の窒化ガリウム系化合物半導体 ( $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ :I=0を含む) からなるI層とを有する窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、

N層をI層と接合する側から順に、低キャリア濃度N層と高キャリア濃度N層との二重層構造とし、I層をN層と接合する側から順に、P型不純物が比較的低濃度の低不純物濃度I層とP型不純物が比較的高濃度の高不純物濃度I層との二重層構造としたことを特徴とする。

尚、上記低キャリア濃度N層のキャリア濃度は  $1 \times 10^{17} \sim 1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$  で膜厚は  $0.5 \sim 2 \mu\text{m}$  が望ましい。キャリア濃度が  $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$  以上となると発光強度が低下するので望ましくなく、 $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$  以下となると発光素子の直列抵抗が高くなりすぎ電流を流すと発熱するので望ましくない。又、膜厚が  $2 \mu\text{m}$  以上となると発光素子の直列抵抗が高

くなりすぎ電流を流すと発熱するので望ましくなく、膜厚が  $0.5 \mu\text{m}$  以下となると発光強度が低下するので望ましくない。

更に、高キャリア濃度N層のキャリア濃度は  $1 \times 10^{17} \sim 1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$  で膜厚は  $1 \sim 10 \mu\text{m}$  が望ましい。キャリア濃度が  $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$  以上となると結晶性が悪化するので望ましくなく、 $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$  以下となると高抵抗となるので望ましくない。又、膜厚が  $10 \mu\text{m}$  以上となると基板が湾曲するので望ましくなく、膜厚が  $1 \mu\text{m}$  以下となると高抵抗となるので望ましくない。

又、上記低不純物濃度I層のP型不純物濃度は  $1 \times 10^{18} \sim 5 \times 10^{19} / \text{cm}^3$  で膜厚は  $0.01 \sim 1 \mu\text{m}$  が望ましい。P型不純物濃度が  $5 \times 10^{19} / \text{cm}^3$  以上となると発光ダイオードの直列抵抗が増大したり立上がり電圧が上昇するので望ましくなく、 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$  以下となるとN導電型となるので望ましくない。又、膜厚が  $1 \mu\text{m}$  以上となると発光ダイオードの直列抵抗が増大したり立上がり電圧が上昇するので望ましくなく、膜厚が  $0.01 \mu\text{m}$  以下となると

従来の構造と等しくなるので望ましくない。更に、高不純物濃度I層の不純物濃度は  $1 \times 10^{18} \sim 5 \times 10^{19} / \text{cm}^3$  で膜厚は  $0.02 \sim 0.3 \mu\text{m}$  が望ましい。不純物濃度が  $5 \times 10^{19} / \text{cm}^3$  以上となると結晶性が悪化するので望ましくなく、 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$  以下となると発光強度が低下するので望ましくない。又、膜厚が  $0.3 \mu\text{m}$  以上となると高抵抗となるので望ましくなく、膜厚が  $0.02 \mu\text{m}$  以下となるとI層が破壊されるので望ましくない。

【発明の作用及び効果】

本発明は、N層をI層と接合する側から順に、低キャリア濃度N層と高キャリア濃度N層との二重層構造とし、I層をN層と接合する側から順に、P型不純物が比較的低濃度の低不純物濃度I層とP型不純物が比較的高濃度の高不純物濃度I層との二重層構造としたことで、発光ダイオードの青色の発光強度を増加させることができた。

即ち、高キャリア濃度N層によりN層全体の電気抵抗を小さくでき、I層と低キャリア濃度N層との接合に有効に電圧を印加することができる。

又、I層に接合するN層は低キャリア濃度とすることで、I層にN層の非発光不純物原子が拡散または侵入するのが防止される。又、N層からI層に電子が注入されるとき、N層に接合するI層を低不純物濃度I層とすることで、電子はその低不純物濃度I層でトラップされることなく、次の高不純物濃度I層に注入される。このため、電子は発光効率の悪いN層に接合した低不純物濃度I層を通過して、高不純物濃度I層に至り、その層で高効率で発光することになる。

この結果、発光効率が従来の単純なI-N接合に比べて、飛躍的に向上した。

【実施例】

以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。

第1図において、発光ダイオード10は、サファイア基板1を有しており、そのサファイア基板1に500 ÅのAlNのパッファ層2が形成されている。そのパッファ層2の上には、順に、膜厚約2.2 μm、キャリア濃度  $1.5 \times 10^{17} / \text{cm}^3$  のGaNから成

る高々リヤ濃度  $N^{\circ}$  層 3、膜厚約 1.5  $\mu$ m、高々リヤ濃度  $1 \times 10^{19}/\text{cm}^2$  の Ge 層から成る低々リヤ濃度  $N$  層 4、Zn 濃度  $5 \times 10^{19}/\text{cm}^2$  の低不純物濃度 1、層 5 及び Zn 濃度  $2 \times 10^{19}/\text{cm}^2$  の高不純物濃度 1、層 6 とが形成されている。そして、高不純物濃度 1、層 6 に接するアルミニウムで形成された電極 7 と高々リヤ濃度  $N^{\circ}$  層 3 に接するアルミニウムで形成された電極 8 とが形成されている。

次に、この構造の発光ダイオード10の製造方法について説明する。

上記発光ダイオード10は、有機金属化合物気相成長法(以下「MOVPE」と記す)による気相成長により製造された。

用いられたガスは、 $\text{H}_2$  とキャリアガス $\text{H}_2$  とトリメチルガリウム ( $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$ ) (以下「TMG」と記す) とトリメチルアルミニウム ( $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$ ) (以下「TMA」と記す) とシラン ( $\text{SiH}_4$ ) とジエチル亜鉛 (以下「DEZ」と記す) である。

まず、有機洗淨及び熱処理により洗淨したc面

次に、サファイヤ基板1を1000℃にして、H<sub>2</sub>を20ℓ/分、NH<sub>3</sub>を10ℓ/分、TMGを $1.7 \times 10^{-4}$ モル/分、DBZを $1.5 \times 10^{-4}$ モル/分の割合で2分間供給して、膜厚0.2μm、6aHから成る2a膜厚 $5 \times 10^{-11}$  / cmの低不純物濃度1、層5を形成した。

続いて、ラファニア基板1を900℃にして、H<sub>2</sub>を20L/分、NH<sub>3</sub>を10L/分、TMGを $1.7 \times 10^{-4}$ モル/分、DEZを $1.5 \times 10^{-4}$ モル/分の割合で2分間供給して、膜厚0.2 $\mu$ m、Ga/Nから成るZn濃度 $2 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ の高不純物濃度I。層6を形成した。

このようにして、第2図に示すような多層構造が得られた。

次に、第3図に示すように、高不純物濃度1、層6の上に、スパッタリングによりSiO<sub>2</sub>層11を2000Åの厚さに形成した。次に、そのSiO<sub>2</sub>層11上にフォトリソist12を塗布して、フォトリソグラフにより、そのフォトリソist12を高キャリア濃度N<sup>+</sup>層3に対する電極形成部位のフォトリソistを除去したパターンに形成した。

次に、第4図に示すように、フォトレジスト1

を主面とする単結晶のサファイア基板1をMOVPE装置の反応室に設置されたサセプタに装着する。

次に、常圧で、を 28 / 分で反応室に流しながら温度 1100℃ でサファイア基板 1 を気相エッチングした。

次に、温度を 400℃まで低下させて、H<sub>2</sub>を 20 L / 分、N<sub>2</sub>を 10 L / 分、TMA を  $1.8 \times 10^{-3}$  モル / 分で供給して ALE のバッファ層 2 が約 500 Å の厚さに形成された。

次に、サファイヤ基板1の温度を1150℃に保持し、II<sub>2</sub>を20ℓ/分、III<sub>2</sub>を10ℓ/分、TMGを $1.7 \times 10^{-4}$ モル/分、I'で0.86ppmまで希釈したシラン(SiH<sub>4</sub>)を200ℓ/分の割合で30分間供給し、膜厚約2.2nm、キャリア濃度 $1.5 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ のGaInから成る高キャリア濃度N<sup>+</sup>層3を形成した。

続いて、サファイヤ基板1の温度を1150℃に保持し、I<sub>1</sub>を20Å/分、II<sub>1</sub>を10Å/分、TMGを $1.7 \times 10^{-4}$ モル/分の割合で20分間供給し、膜厚約1.5μm、キャリア濃度 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ のGaHから成る低キャリア濃度N層4を形成した。

2 によって覆われていない  $\text{SiO}_2$  層 11 をフッ酸系エッチング液で除去した。

次に、第5図に示すように、フォトレジスト12及びSiO<sub>2</sub>層11によって覆われていない部位の高不純物濃度I。層6とその下の低不純物濃度I。層5と低キャリア濃度N層4と高キャリア濃度N・層3の上面一部を、真空度0.04Torr、高周波電力0.44W/cm<sup>2</sup>、CCL<sub>2</sub>F<sub>2</sub>ガスを10cc/分でドライエッチングした後、Arでドライエッチングした。

次に、第6図に示すように、I.層6上に残っているSiO<sub>2</sub>層11をフッ酸で除去した。

次に、第7図に示すように、試料の上全面に、AL層13を蒸着により形成した。そして、そのAL層13の上にフェトレジスト14を塗布して、フォトリソグラフにより、そのフェトレジスト14が高キャリア濃度N<sup>+</sup>層3及び高不純物濃度1、層6に対する電極部が露るように、所定形状にパターン形成した。

次に、第7図に示すようにそのフォトレジスト14をマスクとして下層のA層13の露出部を研

酸系エッチング液でエッチングし、フォトレジスト14をアセトンで除去し、高キャリア濃度N<sup>+</sup>層3の電極8、高不純物濃度I<sup>+</sup>層6の電極7を形成した。

このようにして、第1図に示すようにMIS(Metal-Insulator-Semiconductor)構造の窒化ガリウム系発光素子製造することができる。

このようにして製造された発光ダイオード10の発光強度を測定したところ、0.2mcdであった。これは、単純にキャリア濃度  $2 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ 、厚さ0.2  $\mu\text{m}$ のI層とキャリア濃度  $5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 、厚さ4  $\mu\text{m}$ のN層とを接続した従来の発光ダイオードに比べて、発光強度が8倍に向上した。

又、発光面を観察した所、発光点の数が飛躍的に増加していることも観察された。

尚、低キャリア濃度N層4のキャリア濃度を各種変化した上記試料を製造して、発光強度及び発光スペクトラムを測定した。その結果を、第8図に示す。

キャリア濃度が増加するに連れて、発光強度が

減少し、且つ、発光波長が赤色側に変位することが分かる。

又、高不純物濃度I<sup>+</sup>層6の不純物濃度を種変化した上記構造の試料を製造して、不純物濃度と発光強度及び発光スペクトラムとの関係を設定した。その結果を、第9図に示す。

不純物濃度が増加するに連れて、発光強度が増加する。しかし、発光波長は幾分、赤色側に変位するが約4850Åで安定することが分かる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の具体的な一実施例に係る発光ダイオードの構成を示した構成図、第2図乃至第7図は同実施例の発光ダイオードの製造工程を示した断面図、第8図は低キャリア濃度N層のキャリア濃度と発光強度及び発光波長との関係を示した測定図、第9図は高不純物濃度I<sup>+</sup>層の不純物濃度と発光強度及び発光波長との関係を示した測定図である。

10 ……発光ダイオード 1 ……サファイア基板  
2 ……バッファ層 3 ……高キャリア濃度N<sup>+</sup>層

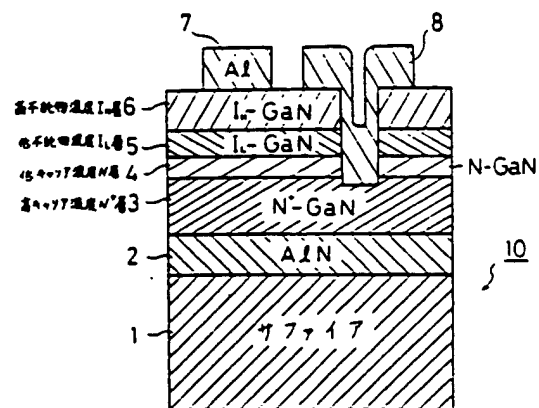
4 ……低キャリア濃度N層

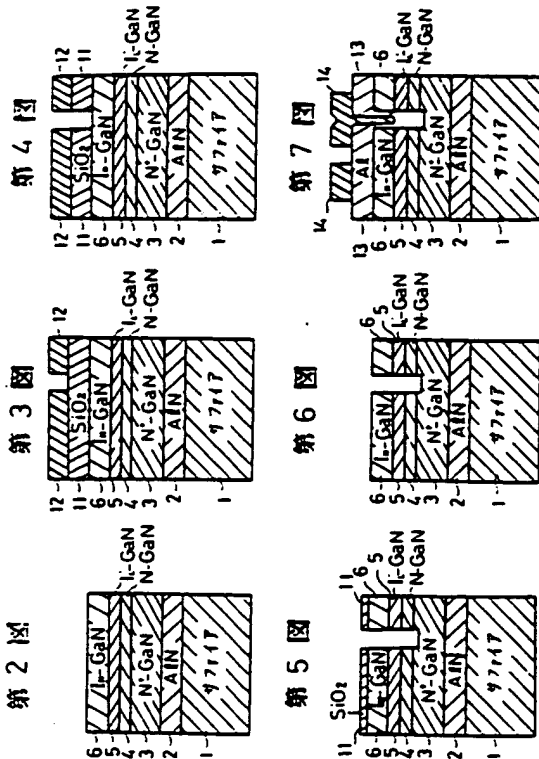
5 ……低不純物濃度I<sup>+</sup>層

6 ……高不純物濃度I<sup>+</sup>層 7, 8 ……電極

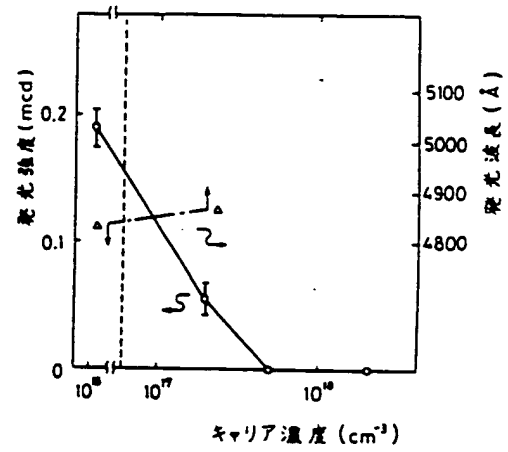
特許出願人 豊田合成株式会社  
特許出願人 株式会社豊田中央研究所  
特許出願人 名古屋大学長  
特許出願人 新技術事業団  
代理人 弁理士 藤谷 修

第1図

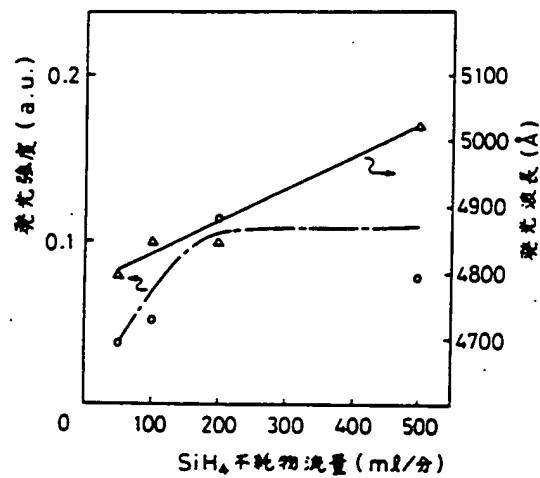




第8図



第9図



第1頁の続き

|      |    |    |                                      |
|------|----|----|--------------------------------------|
| ⑦発明者 | 山崎 | 史郎 | 愛知県西春日井郡春日村大字落合字長畑1番地 豊田合成株式会社内      |
| ⑦発明者 | 小出 | 典克 | 愛知県西春日井郡春日村大字落合字長畑1番地 豊田合成株式会社内      |
| ⑦発明者 | 橋本 | 雅文 | 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内 |
| ⑦発明者 | 赤崎 | 勇  | 愛知県名古屋市中千種区不老町(番地なし) 名古屋大学内          |